

CONSTRUCCIÓN DE SIGNIFICADOS SOBRE NATURALEZA DE LA CIENCIA: SU INVESTIGACIÓN Y VALORACIÓN DESDE EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO¹

Julia Luisa Flores Espejo

[jflorespejo@hotmail.com]

Universidad Pedagógica Experimental Libertador - Instituto Pedagógico de Caracas

Departamento de Biología y Química - Cátedra de Bioquímica

Urbanización el Paraíso, Avenida José Antonio Páez

Caracas, Venezuela

orcid.org/0000-0001-6286-4021

Resumen

Este trabajo documental se enmarca en el paradigma interpretativo y tiene como propósito proponer el aprendizaje significativo como referente teórico para el aprendizaje de contenidos conceptuales/proposicionales abstractos y complejos, propios de la problemática sobre la naturaleza de la ciencia. Para ello se desarrolla el tema bajo preguntas que guían su comprensión. Se justifica el uso de este referencial teórico para su aplicación en el aprendizaje y se presenta una explicación de los principios del aprendizaje significativo crítico de forma orientadora, además de plantear la relevancia de la progresividad conceptual como parte de la misma teoría ausubeliana.

Palabras clave: naturaleza de la ciencia, aprendizaje significativo, progresividad conceptual.

Abstract

This documentary work is framed in the interpretive paradigm and its purpose is to propose meaningful learning as a theoretical reference for the learning of abstract and complex conceptual / propositional contents, typical of the problematic about the nature of science. For this, the topic is developed under questions that guide its understanding. The use of this theoretical framework for its application in learning is justified and an explanation of the principles of critical meaningful learning is presented in a guiding way, in addition to the relevance of conceptual progressivity as part of the same Ausubelian theory.

Key-words: nature of science, meaningful learning, conceptual progressivity

¹ El contenido aquí expuesto fue tomado de la tesis doctoral de Flores-Espejo (2014), siendo adaptado y actualizado para la conferencia de la IX-EIAS, desarrollada en Sorocaba, Brasil, del 02 al 06 de septiembre de 2019.

INTRODUCCIÓN

Actualmente se habla de una crisis de la educación científica (Acevedo-Díaz, García-Carmona y Aragón, 2017), por lo que es necesario conocer la situación de fondo que ha venido afectando la enseñanza de la ciencia y, por ende, su aprendizaje. Además de las dificultades de comprender adecuadamente los conceptos científicos (Dahlin, Østergaard y Hugo, 2009), algunos autores han revelado que tanto estudiantes como docentes, así como el público en general, sostienen ideas ingenuas sobre la ciencia (Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia, 2002; Flores, Caballero y Moreira, 2013; Flores-Espejo, 2014, 2018; Hodson, 1994; Lederman, 1992, 2006).

Esto parece estar asociado a la práctica docente tradicional debido a que a través de ella se ha venido transmitiendo implícitamente una serie de ideas tergiversadas sobre la ciencia, su estructura y procesos, es decir, su naturaleza. La concepción ingenua sobre la ciencia termina colocándola en una especie de santuario intelectual en el que se cree que los científicos crean o descubren verdades absolutas a través de un método infalible que finalmente lleva a un progreso seguro de la sociedad. Esto resulta en una imagen idealizada de la ciencia, ajena a su realidad.

En este sentido, es función del docente de ciencias no solo enseñar los contenidos teóricos-conceptuales de la ciencia y tener un acercamiento a la práctica de la investigación científica, sino también la de permitir el desarrollo de una imagen apropiada de la naturaleza de esta actividad humana, lo que no resulta una tarea sencilla en virtud de que se corresponde con un metaconocimiento con el cual no está familiarizado la mayoría de los docentes debido a que no se incluye formalmente en su formación profesional. Una comprensión adecuada de la naturaleza de la ciencia permite desmitificarla y diferenciarla al mismo tiempo de la pseudociencia, una tarea que va más allá de enseñar los contenidos científicos elaborados y que amerita de una disposición del docente por cultivar, durante todo su ejercicio profesional, el autoaprendizaje en temas relacionados con la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia. Este aspecto es muy importante, tomando en cuenta que, según Shamos (2008, citado en Acevedo-Díaz et al., 2017), en la alfabetización científica las personas valoran los asuntos públicos en función del conocimiento que tienen acerca de la ciencia y la tecnología, por lo que se considera que la naturaleza de la ciencia es su componente más importante.

Una situación desafiante para el docente en el aula de clase es la relacionada con polémicas para diferenciar ciencia/no-ciencia en polémicas en las que los mismos científicos están involucrados. Por ejemplo, Campanario (2004) señala que el bioquímico Peter Duesberg, quien se desarrolla en las ciencias biosanitarias, «mantiene una cruzada contra viento y marea para tratar de convencer a la comunidad investigadora de que el SIDA no está causado por un virus, sino por otros factores, como el uso de drogas o determinadas sustancias químicas (<http://www.duesberg.com/>)», planteamiento que sostiene hasta hoy. Situaciones como esta ameritan que el docente de ciencias pueda ser capaz de enseñar dentro de una concepción adecuada de una *ciencia normal*, en términos kuhnianos, y tener una actitud crítica frente a sus posibles desafíos, que

pueden implicar un cambio de paradigma, es decir, *ciencia revolucionaria*. Se trata, pues, de escapar de los dogmatismos que encierran idealmente a la ciencia dentro de una torre de marfil y, al mismo tiempo, alejarse de lo que puede destruir su verdadera belleza epistemológica y valor en la construcción de conocimientos válidos.

En este sentido, cabe destacar que, si se desea que los estudiantes desarrollen un aprendizaje significativo de la ciencia, es necesario atender lo señalado por Hodson (1994) en cuanto a *aprender ciencia, aprender a hacer ciencia y aprender sobre ciencia*. Este último aspecto es el que permite introducir contenidos sobre NDC desde una perspectiva explícita, reflexiva y crítica, no siendo independiente de los otros dos aspectos en cuanto a la construcción de significados conceptuales y epistemológicos sobre la ciencia o el conocimiento científico. No obstante, la educación científica del siglo XXI no puede seguir ignorando la importancia de la NDC y debe incluirla de alguna manera como parte de la programación didáctica de forma curricularmente explícita. Las alternativas están abiertas a la creatividad docente, y con ello se debe valorar su evaluación, así como la investigación en esta área. Moura (2014) señala que la comprensión de la NDC es necesaria para formar estudiantes y docentes más críticos, lo que amerita conocer Historia y Filosofía de la Ciencia, permitiendo una integración a la realidad que se vive.

Por lo tanto, la Teoría del Aprendizaje Significativo (TAS) de Ausubel, en su contexto contemporáneo, se propone como un referente teórico fundamental para comprender la construcción de significados conceptuales científicos relacionados con la NDC, especialmente fortalecida a través de los principios de la teoría del aprendizaje significativo crítico (TASC) propuesta por Moreira, la progresividad conceptual resaltada por Caballero y la teoría del engrandecimiento humano de Novak. Sin embargo, es poco lo que se ha avanzado en cuanto a la comprensión de significados sobre la NDC, la cual involucra holísticamente aspectos epistémicos relacionados con la ciencia privada y aspectos no epistémicos relacionados con la ciencia pública, es decir, lo que Reichenbach denominó, respectivamente, *contexto del descubrimiento* y *contexto de la justificación* (Acevedo Díaz et al., 2017).

Por lo tanto, este trabajo tiene como propósito brindar a los docentes de ciencias un aporte desde la teoría ausubeliana y teorías contemporáneas afines sobre la construcción de significados conceptuales acerca de la NDC para su consideración como referente teórico fundamental de su comprensión en un currículo explícito y reflexivo. En correspondencia con esta intención, el presente texto académico se ha estructurado en tres secciones:

- Enseñando ciencias y su naturaleza.
- Investigando sobre la enseñanza y aprendizaje de la NDC.
- Comprendiendo la NDC desde el aprendizaje significativo.

DESARROLLO DE LA TEMÁTICA

I. Enseñando ciencias y su naturaleza

¿En qué consiste básicamente enseñar ciencias?

Todo docente de ciencias debe tener claridad en cuanto a qué enseñar en relación con su disciplina o su área de conocimiento. Sin embargo, muchas veces el docente dispone simplemente de un conjunto de contenidos teóricos y prácticos, ordenados de la mejor manera posible para cumplir fielmente con su labor. La pregunta en este punto es la siguiente: ¿será esto suficiente para considerarse una enseñanza adecuada de la ciencia? Aquí hay que poner atención al hecho de que esto es una visión reducida porque se limita a ver a los contenidos científicos como metas en sí mismos y no como medios para lograr una enseñanza superior que implica generar competencias ciudadanas para tratar de forma crítica con problemáticas de índole científico dentro de la realidad contextual cotidiana.

Esta necesidad se hace evidente a la luz de que enseñar ciencias implica conducir a un aprendizaje en tres áreas, lo que se entiende de la siguiente manera con base en lo planteado por Hodson (1994): (a) *aprender ciencia*, que gira en torno a aprender los principios y fundamentación teórica del conocimiento científico ya elaborado; (b) *aprender a hacer ciencia*, que trata sobre aprender a investigar en ciencias para comprender sus métodos y su forma de construir conocimiento válido en la práctica; y (c) *aprender sobre ciencia*, que implica aprender sobre la NDC, sobre la estructura de la ciencia, su epistemología y el contexto social de la construcción del conocimiento científico, en el cual se conjugan aspectos históricos, sociológicos y filosóficos.

Por lo general, los docentes de ciencias se han dedicado principalmente a enseñar ciencia y a enseñar algo en cuanto a hacer ciencia, pero han desatendido el enseñar sobre ciencia, cuyo contenido se refiere a un metaconocimiento que involucra conceptos abstractos de gran complejidad, los cuales son de difícil comprensión aún para los docentes, quienes en su mayoría no han sido formados intencionadamente en esta área.

No obstante, en este punto se puede decir que el desconocimiento de este último aspecto no exime al docente de su responsabilidad de involucrarse en una preparación académica progresiva que le permita trascender la enseñanza tradicional que ha venido siendo uno de los vehículos por medio del cual se han proyectado ideas ingenuas sobre la ciencia. Esto es un llamado desde la responsabilidad profesional y no desde el enjuiciamiento de la *concepción heredada* de la cual todos hemos sido partícipes.

La concepción heredada proviene principalmente del Círculo de Viena, centrado en el positivismo lógico de la década de los 20 y 30 del siglo pasado (Adúriz-Bravo, Salazar, Mena y Badillo, 2006). Aunque sus argumentos epistemológicos se encuentran actualmente bastante desacreditados dentro de la comunidad de filósofos contemporáneos, hay que entenderlos de

manera reflexiva y crítica, y no como un conocimiento retórico, repetitivo carente de significados conceptuales.

¿En qué consiste básicamente la naturaleza de la ciencia?

El concepto de «ciencia» es un tema de discusión filosófica vigente. Aunque pueda resultar básico, se puede decir que, en general, existen dos puntos de vista extremos con relación a lo que se pretende entender como ciencia (Woolgar, 1991, p. 31): (a) una posición *esencialista*, que sostiene una visión clásica de la ciencia en el sentido de que le atribuye una esencia, un método, un objeto de estudio, que le permiten una definición realista propia; y (b) una posición *nominalista*, que sostiene la imposibilidad de definir la ciencia debido a su naturaleza compleja y cambiante en el tiempo, lo que implica una falta de criterio de demarcación, el cual atentaría contra su constante apertura a la revisión sustancial y metodológica.

En este sentido, Allchin (2011, p. 526) ha señalado la problemática que se genera con el término «naturaleza» de la ciencia debido a que hace referencia a una esencia universal de la misma, lo cual está en contradicción con el hecho de que la ciencia es una empresa humana y, por lo tanto, es un conocimiento construido. Asimismo, cuestiona si ese término trata de referirse a la ciencia en cuanto a lo que se cree que debe ser, en un sentido normativo e idealizado, o lo que es en un sentido descriptivo y realista. También señala que no se puede definir lo que es ciencia sin ambigüedad (ob. cit., p. 527), por lo que todo esto revela la complejidad de la temática y todo intento de su enseñanza debe entenderse como una aproximación didáctica a su esencia polémica y dialéctica.

En todo caso, sin embargo, es importante considerar dos posiciones epistemológicas contrapuestas que habría que evitar, de acuerdo con Adúriz-Bravo (2007, p. 6): (a) la *posición positivista extrema*, que acepta la ciencia de manera acrítica, como algo sagrado; y (b) la *posición relativista extrema*, que concibe la ciencia como la responsable de todos los males de nuestra sociedad.

No obstante, existe una necesidad en el medio educativo en cuanto a qué se debe enseñar sobre lo que es ciencia y cómo se construye, es decir, saber ciencia y saber sobre ciencia (Adúriz-Bravo, 2007, p. 2), lo que va más allá de un simple asunto denominativo. Se trata de conocer cuál es su naturaleza, tema controversial entre filósofos, sociólogos, epistemólogos e historiadores, y que los mismos científicos no logran precisar. En consecuencia, una definición precisa y consensuada del concepto NDC es realmente polémica, por lo cual es entendible la posición de algunos autores que prefieren considerar que la NDC es un tema dependiente de cada disciplina (Wandersee y Roach, 2005, pp. 281, 282). Sin embargo, para fines de la educación científica parece conveniente que los estudiantes desarrollen algunas ideas sobre la ciencia que permitan aprehender su naturaleza básica, que si bien es cierto que en lo específico es dependiente de cada disciplina, también es cierto que su construcción general depende de ciertos valores, principios heurísticos, razonamientos aceptables, así como de metodologías e instrumentos que tratan de

responder a cierta validez y confiabilidad a fin de ser aceptados dentro de la comunidad de científicos.

La NDC, en general, se considera un metaconocimiento complejo y dialéctico (Acevedo et. al, 2007a, p. 44). De acuerdo con Acevedo (2008, pp. 135, 137; 2009, p. 355) y Acevedo-Díaz y García-Carmona (2016), existen dos posturas sobre su acepción terminológica en la actualidad: la de Lederman y la del movimiento CTS.

Por una parte, la posición relacionada con los trabajos de Norman Lederman se asume desde la epistemología de la ciencia, considerando los aspectos referentes al conocimiento científico como producto en sí de la actividad investigativa, incluyendo sus valores. Se ha sugerido que un mejor término a utilizar desde esta postura debería ser *naturaleza del conocimiento científico* en lugar de *naturaleza de la ciencia*. Asimismo, de aquí emana la sugerencia de incluir la epistemología de la ciencia en el currículo de la educación científica. Al respecto, se puede señalar que de acuerdo con Lederman (2006), sus investigaciones se han centrado en las siguientes características del conocimiento científico: (a) Es cambiante, empírico, parcialmente subjetivo, derivado en parte de la creatividad e imaginación; (b) Hay diferencias entre observación e inferencia; (c) Las leyes y teorías científicas son diferentes aunque se relacionan; y (d) La ciencia como empresa humana se desarrolla dentro de una cultura y la afecta; además, implica los valores y creencias sobre el desarrollo del conocimiento científico (Havdala and Ashkenazi, 2007).

En esta posición de Lederman encajaría la definición de Adúriz Bravo (2007), al señalar que la NDC es «un conjunto de contenidos metacientíficos con valor para la educación científica» (p. 3), en la que convergen conocimientos de la epistemología, historia y sociología de la ciencia. Asimismo, este autor señala que para fines educativos es importante considerar la NDC a través de los siguientes requisitos, expresados en términos muy similares: (a) reflexión epistemológica, (b) construcción de una imagen de la ciencia realista y racionalista moderada y (c) sintonización con los contenidos disciplinares, pedagógicos y didácticos.

Por otra parte, la posición derivada de la propuesta del movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) considera los aspectos epistemológicos, sociológicos y psicológicos de la actividad científica como proceso, así como las características de su producto, es decir, el conocimiento científico. Esta postura incluye aspectos de la ciencia en cuanto a: (a) qué es ciencia, (b) cómo funciona la ciencia, (c) cómo se construye y desarrolla el conocimiento científico, (d) qué métodos se emplean para validar y difundir el conocimiento científico, (e) qué vínculos tiene la ciencia con la tecnología y la sociedad, y (f) qué aporte brinda la ciencia a la cultura y al progreso de la sociedad. Desde esta postura se sugiere incluir en la educación científica no sólo la epistemología de la ciencia, sino también su sociología interna y externa.

En este punto es importante aclarar que, de acuerdo con Lederman (2006, p. 5), no se deben confundir los términos *naturaleza de la ciencia* con *procesos de la ciencia* o con *indagación científica*, aunque los tres interactúan entre sí:

- a. La ***naturaleza de la ciencia*** se refiere a los aspectos epistemológicos de las actividades de la ciencia y a las características del conocimiento que se genera, es decir, se refiere a los

aspectos epistemológicos, tanto del proceso como del producto de la ciencia (Lederman, 2006, p. 4; 1998, p. 418).

- b. Los *procesos científicos* se refieren a actividades científicas referidas a la recolección, interpretación de datos y conclusiones derivadas al respecto (Lederman, 2006, p. 4; 1998, p. 418); la NRC (1996) señala que involucra el aprendizaje de destrezas y procesos tales como la observación, inferencia, experimentación, entre otros.
- c. La *indagación/investigación científica* (*scientific inquiry*) se refiere a aquella empresa científica que involucra métodos y actividades que conducen a la generación del conocimiento científico (Schwartz, Lederman y Crawford, 2004, pp. 611, 612); implica varios procesos de la ciencia de forma cíclica (Lederman, 2006, p. 4). No obstante, la NRC (1996) considera que la indagación implica no sólo el uso de los procesos de la ciencia, sino también el conocimiento científico, de modo que el estudiante debe usar el razonamiento científico y el pensamiento crítico para comprender la ciencia, por lo que desde este punto de vista la indagación científica también permite involucrar a los estudiantes en el conocimiento de la NDC.

II. Investigando sobre la enseñanza aprendizaje de la NDC

¿Qué es lo que debemos enseñar en relación con la NDC?

Lo que debe enseñarse como NDC también ha sido una tarea muy difícil de decidir en el medio educativo debido a las diferentes posiciones epistemológicas existentes. Además, cualquier posición epistemológica que se asuma no implica necesariamente que la misma sea una visión completamente adecuada de la NDC, sin obviar la pérdida de esencialidad del significado debido a la transposición didáctica que esto implicaría. Por tanto, en este sentido cabría preguntarse: ¿Qué NDC enseñar?, como igualmente se pregunta en su artículo Adúriz-Bravo (2007). Comenzando por entender las finalidades de la enseñanza de este tema al profesorado de ciencias, este autor plantea tres finalidades, las cuales son difíciles de separar, aunque la tendencia para enfatizar uno de ellos debe probablemente prevalecer según los fines educativos:

- a. Una *finalidad intrínseca*, relacionada con la reflexión crítica misma como metadiscurso.
- b. Una *finalidad cultural*, relacionada con los valores socio-históricos.
- c. Una *finalidad instrumental*, relacionada con su utilidad para mejorar el aprendizaje de los contenidos científicos.

Sin embargo, de acuerdo con Acevedo et. al (2007a, p. 45; Acevedo, Vásquez, Manassero y Acevedo, 2007b, pp. 202, 203), aunque se ha considerado importante una enseñanza sobre la NDC, lo cual se ha venido haciendo en algunos países a partir de la década de los noventa, algunos opinan de manera pesimista que no es posible llegar a un consenso sobre qué aspectos enseñar, mientras que otros consideran que es posible llegar a algunos acuerdos básicos, siendo esta última

posición afortunadamente la de mayor aceptabilidad. A pesar de que esta polémica sigue siendo un tema abierto, se ha considerado que para fines educativos se deben incluir los siguientes aspectos, que a continuación son expresados en los mismos términos en que fueron presentados por Acevedo et al. (2007a, p. 47): (a) el principal propósito de la ciencia es adquirir conocimiento sobre el mundo físico; (b) en el mundo hay un orden fundamental que la ciencia pretende describir de la manera más simple y comprensiva posible; (c) la ciencia es cambiante, dinámica y provisional; y (d) no existe un único método científico.

De manera interesante, estos autores señalan que los aspectos en los que no existe consenso son los referidos al **contextualismo** en la generación del conocimiento científico y al **realismo ontológico** en cuanto a la verdad de las teorías científicas, las cuales son de gran polémica filosófica. No obstante, de acuerdo con Acevedo (2008, p. 143), aún no se tiene claro si los aspectos consensuados deben abordarse solamente desde la perspectiva epistemológica o incluir los aspectos relacionados con la sociología interna y externa de la ciencia. Además, en este punto es necesario tener en cuenta que enseñar una visión «adecuada» o «aceptable» de la ciencia no es una tarea fácil, en virtud de que no existe una posición filosófica única que se pudiera decir que es válida, situación que se torna aún más difícil con la propuesta que se ha venido haciendo sobre la necesidad de enseñar la epistemología de la propia disciplina, una labor indudablemente desafiante para los docentes de ciencias, ya que ni los mismos científicos se han involucrado en esta reflexión (Séré, 2002a, p. 631).

A pesar de la polémica de algunos aspectos sobre la NDC, siendo algunos de ellos esencialmente dialécticos, se han consensuado algunos de ellos para fines educativos fundamentales. Desde el punto de vista epistemológico de la NDC, Acevedo (2009, p. 355) resume las características consensuadas sobre el conocimiento científico de importancia para la educación científica:

- Tentativo o provisional.
- Empírico.
- Cargado de teoría (subjetividad).
- Resultante, en parte, de la inferencia o deducción, pero también de la imaginación y la creatividad de los científicos en la búsqueda de explicaciones.
- Requiere de una combinación de observaciones e inferencias o deducciones.
- Está sometido a normas académicas de la comunidad científica que lo regula (sociología interna de la ciencia).
- Está incrustado en la sociedad y en la cultura, que influyen en él y se ven influidas por él (sociología externa de la ciencia).
- Las hipótesis, leyes y teorías científicas tienen diferentes funciones epistemológicas.
- El método científico es un mito como un método singular y universal.

Ahora bien, aunque se ha alcanzado cierto consenso con relación a qué aspectos de la NdC se debe enseñar, también es cierto que la manera para hacerlo es aún materia de mucho debate

por la escasez de investigaciones al respecto, lo cual es importante de considerar para así evitar la formación de una visión tergiversada acerca de la ciencia en nuestra práctica educativa, y que es necesario conocer para poder así buscar alternativas didácticas efectivas.

¿Qué enfoques didácticos se consideran útiles para el aprendizaje de la NDC?

Actualmente se recomienda que la enseñanza sobre la NDC ocurra en un ambiente de aprendizaje que refleje los procedimientos de la ciencia, la indagación científica, como contexto adecuado (Acevedo, 2008), y que las ideas epistemológicas sean explicitadas reflexivamente (Acevedo, 2009; Akerson, Abd-El-Khalik, y Lederman, 2000; Hodson, 1994). No obstante, las investigaciones con relación a «un enfoque explícito y reflexivo en distintos contextos de aprendizaje (historia o filosofía, laboratorio, resolución de problemas, cuestiones tecnocientíficas controvertidas, etc.) todavía son insuficientes y deberían ser ampliadas» (Acevedo, 2008). El enfoque explícito resulta ser más ventajoso que el implícito, aunque éste ocurra en un ambiente indagativo, como se hizo en los años sesenta y setenta a través de los proyectos innovadores, ya que una cosa es aprender sobre la NDC y otra es aprender habilidades en cuanto a los procesos de la ciencia (Acevedo, 2009, p. 358).

De este modo, de acuerdo con lo que recientemente señala Abd-El-Khalick y Akerson (citado en Acevedo, 2009, p. 361), lo *explícito* se relaciona con lo curricular en cuanto a qué debe planificarse como objetivo didáctico, mientras que lo *reflexivo* se relaciona con la enseñanza, brindándole al estudiante diversas oportunidades para analizar las actividades desde diferentes perspectivas epistemológicas, lo cual puede hacerse a través de preguntas u otras actividades dentro de la propia dinámica de la tarea de aprendizaje, sin que sea bajo el enfoque tradicional transmisivo. Esto conduce a una discriminación sobre el tipo de aprendizaje que constituye la NDC, ya que desde el enfoque implícito se pudiera considerar un aprendizaje no cognitivo, pero desde el enfoque explícito debe ser visto como un aprendizaje cognitivo, intencionalmente planificable como el resto de los contenidos (Acevedo, 2009). La siguiente acotación revela diferencias importantes sobre estos dos tipos de enfoques:

En definitiva, las diferencias entre los enfoques implícitos y explícitos no son tanto un asunto del tipo de actividades usadas para promover la comprensión de la NdC, puesto que la enseñanza de la NdC debe enmarcarse en un contexto de contenidos y actividades de ciencias La diferencia fundamental entre los dos enfoques descansa en la cantidad de instrumentos conceptuales que se proporciona a los estudiantes y a los profesores, como pueden ser determinados aspectos de la NdC, para permitirles pensar y reflexionar sobre las actividades en las que se involucran. En definitiva, las diferencias derivan sobre todo de los supuestos mencionados que subyacen en ambos enfoques. (Acevedo, 2009, p. 364)

Dicho autor (ob. cit.) presenta un resumen de 29 trabajos de investigación sobre enfoques explícitos y reflexivos aplicados para el mejoramiento de la comprensión de la NDC entre 1989 y 2007, utilizando diferentes contextos, tales como: indagación o investigación guiada, curso de

métodos de la ciencia, historia de la ciencia, filosofía de la ciencia, cursos de ciencia y cuestiones tecnocientíficas controvertidas. Estas investigaciones se realizaron con participantes candidatos a profesores; con estudiantes de los grados 6, 7, 9, 10; con candidatos a profesores y con graduados universitarios. En todos los casos se observó algún tipo de mejoramiento: elevado, notable, aceptable, pequeño o variable.

En este orden de ideas, Hodson (2008, p. 26) señala que es necesario un enfoque con pedagogía constructivista en virtud de que la comprensión que tengan los estudiantes acerca de la investigación de un fenómeno influye en la forma cómo ellos lo investigan, el significado que le otorgan a los hallazgos y las conclusiones a las cuales llegan. Propuso así varios pasos esenciales de este enfoque: (a) identificar las ideas y visiones, (b) crear oportunidades para que exploren sus ideas poniendo en práctica procesos como explicar, (c) estimular para que los estudiantes ajusten sus ideas cuando sea necesario, y (d) apoyar los intentos por rehacer sus ideas y puntos de vista. Esto implica que nuestra acción didáctica debe ir acompañada de una visión apropiada de la NDC, considerando enfoques constructivistas. Sin embargo, Acevedo (2008, p. 145) señala que poco se conoce acerca de cómo se modifican las creencias del docente en formación con relación a la NDC, aunque algunas son más susceptibles de ser modificadas que otras, de modo que pueden evolucionar con mayor facilidad.

Por una parte, la comprensión de los aspectos de la NDC se ha tratado de favorecer a través de diferentes enfoques como el histórico, el implícito y el explícito (Acevedo, 2009; Garritz, 2010, p. 108; Khishfe, y Abd-El-Khalick, 2002, p. 552), los cuales se explicarán brevemente a continuación:

- El **enfoque implícito**, introducido con la reforma de los sesenta a través de los famosos materiales como el *Physical Science Study Curriculum* (PSSC) y el *Biological Sciences Curriculum Study* (BSCS), entre otros, no ha mostrado suficiente evidencia de su contribución al mejoramiento de diferentes aspectos sobre la NDC. Una revisión realizada por Abd-El-Khalick y Lederman (2000) reporta ocho (8) trabajos de investigación realizados usando enfoques implícitos (datan de 1972 a 1992).
- El **enfoque histórico**, fundamentado en la discusión de casos de la historia de la ciencia que pueden ser representativos o adecuados para abordar algunos aspectos sobre la NDC; no obstante, resultados de diversas investigaciones revelan que es poco el logro en esta dirección, o al menos los resultados son inconclusos y hasta contradictorios. Recientemente se han publicado materiales didácticos para fortalecer este enfoque, como han sido los aportes de Acevedo-Díaz et al. (2017) y Acevedo-Díaz y García-Carmona (2016).
- El **enfoque explícito**, curricularmente implementado a través de la planificación intencionada que puede involucrar modalidades como la discusión de casos de historia de la ciencia y *reflexión* sobre aspectos de la NDC, específicamente. Este enfoque favorece la comprensión de la visión sobre la NDC, aunque la mayoría de las investigaciones se ha realizado con docentes de ciencias en formación inicial. Una revisión realizada por Abd-

El-Khalick y Lederman (2000) reportó nueve (9) trabajos de investigación realizados usando enfoques explícitos (datan de 1968 a 1996).

Por otra parte, aunque algunos estudios han reportado resultados que parecen favorecer un enfoque indagativo en el mejoramiento de las ideas sobre la NdC de los estudiantes, también se han reportado otros con resultados no favorecedores (Blanchard, Southerland, Osborne, Sampson, Annetta y Granger, 2010, pp. 582-584). Actualmente esto representa una situación inconclusa que se complica debido a que una orientación didáctica indagatoria, investigativa o de resolución de problemas auténticos puede desarrollarse con diferente grado de apertura o guía docente, variando así en su modalidad estructural. Lo relevante al respecto es que, independientemente del grado de orientación indagatoria que se pueda desarrollar, los estudios han apuntalado la importancia de la explicitación y reflexión de los aspectos epistemológicos que se desean mejorar (Acevedo Díaz, 2009).

En este orden de ideas, Séré (2002b, p. 365) ya había destacado que «hace falta promover una reflexión sobre la naturaleza de la ciencia». Hodson (1996, p. 129) plantea que para el aprender acerca de la ciencia, es decir, de su naturaleza, es necesario diseñar experiencias de aprendizaje que contemplen las siguientes cuatro fases: (a) diseño y planificación, (b) ejecución, (c) reflexión y (d) registro y reporte.

Sin embargo, es necesario considerar que algunos trabajos han revelado que la mera realización de actividades similares a las que realiza el científico es necesaria, pero insuficiente para mejorar la comprensión de la NDC, ya que la reflexión juega una función importante con relación a este logro. En esta línea de pensamiento, el trabajo de Schwartz, Lederman y Crawford (2004, p. 637) reporta que el realizar actividades indagatorias auténticas no garantiza por sí mismas el mejorar la comprensión de los aspectos de la NDC. Se requiere explicitación y reflexión, como su propio estudio lo corrobora, además de otros como el trabajo de Küçük (2008), en el cual la explicitación y reflexión de aspectos sobre la NDC con docentes de primaria fue necesaria para mostrar un mejoramiento al final del curso. En el trabajo de Yacoubian y BouJaoude (2010, p. 1246) no se encontró que un enfoque implícito mejorara la comprensión de la NDC.

Contrariamente, en la revisión realizada por Sadler, Burgin, McKinney y Ponjuan (2010, p. 243) se ha reportado mejoramiento en la comprensión de aspectos de la NDC en programas de docentes utilizando contextos auténticos de investigación científica a través de pasantías con científicos sin un modelo didáctico explícito. En ese sentido, el estudio realizado por Blanchard et al. (2010, pp. 601, 602, 605, 606), en el que no hubo explicitación ni reflexión sobre aspectos de la NDC, reveló que los estudiantes de educación secundaria, bajo un enfoque indagatorio guiado, obtuvieron puntajes superiores en aspectos de NDC en comparación con el grupo bajo un enfoque tradicional tipo verificativo.

En este sentido, la implementación de enfoques didácticos constructivistas a través de trabajos prácticos de laboratorio (TPL), basados en la resolución de problemas, la indagación o la participación en actividades de investigación científica real, siguen siendo una alternativa para investigar en esta área. Estos trabajos, aunque no son suficientes en sí mismos, se pueden nutrir de

la reflexión y explicitación de los aspectos de la NDC, bajo diferentes modalidades didácticas que están abiertas a la creatividad del docente y a la investigación respectiva que la debe acompañar. Al respecto, Rudolph (citado en Vhurumuko et al., 2006, p.129) señala que el laboratorio escolar de ciencias (mejor entendido como laboratorio didáctico de ciencias) es el mejor ambiente para desarrollar una imagen adecuada de la NDC. En esta línea de investigación, Flores-Espejo (2014) encontró que algunas ideas ingenuas sobre la ciencia fueron movilizadas hacia ideas contemporáneas en estudiantes que participaron en TPL desarrollados bajo un enfoque epistemológico-constructivista en el laboratorio de Bioquímica del Instituto Pedagógico de Caracas.

III. Comprendiendo la NDC desde el aprendizaje significativo

¿Cómo comprender la construcción de significados sobre la NDC desde la TAS?

La teoría del aprendizaje significativo (TAS) ofrece un potente referencial para comprender la construcción de significados epistemológicos sobre las ciencias naturales, por lo que hay que ir pavimentando este camino para contribuir a mejorar la enseñanza y aprendizaje de la ciencia desde nuestras disciplinas científicas en la formación docente. Aunque esta teoría psicológica de aprendizaje emergió en 1963, el aprendizaje significativo es un constructo dinámico, aunque se ha trivializado en el medio educativo (Rodríguez Palmero, 2011), razón por lo que su potencial práctico se ha visto limitado.

Aunque en este artículo no se pretende desglosar detalladamente los fundamentos de esta teoría, es necesario tener en cuenta la principal idea plasmada por Ausubel al señalar lo siguiente: «Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio enunciaría éste: de todos los factores que influyen en el aprendizaje, el más importante consiste en lo que el estudiante ya sabe; averíguese esto y enséñese en consecuencia» (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983, p. 56). Esto tiene sentido cuando entendemos que el aprendizaje significativo es un aprendizaje conceptual, verbal y simbólico, que implica un proceso de interacción entre la nueva información y los subsumidores pertinentes y adecuados presentes en la estructura cognoscitiva del aprendiz para generar nuevos significados, los cuales se refinan y consolidan, haciéndose cada vez más potentes para propiciar nuevos aprendizajes.

El aprendizaje significativo implica incorporar de forma sustancial y consciente, es decir, de forma no literal y no arbitraria, la nueva información en la estructura cognitiva del aprendiz a través de elementos cognitivos denominados subsumidores que sirven de anclaje, y que se refinan y potencian para favorecer aprendizajes nuevos y más vigorosos; por lo tanto, el aprendizaje significativo demanda un aprendiz activo, no pasivo. Además de los conocimientos previos, el proceso de aprendizaje significativo está ligado a otras condiciones, tales como la actitud de aprendizaje y el grado de significatividad lógica y psicológica del material de aprendizaje (Ausubel et al, 1983; Ausubel, 2002). La falta de estas condiciones favorece el aprendizaje mecánico,

repetitivo, sin significado real para la persona. Sin embargo, estos dos extremos de aprendizaje generan un continuum, de modo que el docente puede organizar su labor didáctica de manera que favorezca la formación de nuevos significados en un mayor grado de claridad y estabilidad, permitiendo que el estudiante se desplace cada vez más hacia el extremo del aprendizaje significativo.

Particularmente, el aprendizaje de aspectos relacionados con la NDC se puede entender como esencialmente conceptual, en este caso referido a conceptos abstractos y no a conceptos empíricos. Por lo tanto, va más allá de un aprendizaje representacional, en el que «el significado de unos símbolos arbitrarios se equipara con sus referentes (objetos, eventos, conceptos) y muestran para el estudiante cualquier significado que expresen sus referentes» (Ausubel, 2002, p. 26).

Sin embargo, también se puede entender que, a pesar de que el aprendizaje de la NDC sea conceptual, su propósito debe proyectarse hacia un aprendizaje proposicional, el cual es fundamental a fin de que el estudiante pueda participar en discusiones fructíferas sobre esta temática en el que debe construir continuamente relaciones conceptuales novedosa y cada vez más potentes. Al respecto,

... la tarea de aprendizaje, o la proposición potencialmente significativa, consta de una idea compuesta que se expresa verbalmente en una expresión que contiene tanto significados de palabras de carácter denotativo y connotativo como las funciones sintácticas de las palabras y las relaciones entre ellas. El contenido diferenciado que genera el proceso de aprendizaje significativo y que constituye su significado es un producto interactivo de la manera concreta en que el contenido de la nueva proposición se relaciona con el contenido de ideas pertinentes ya establecidas en la estructura cognitiva. La relación en cuestión puede ser subordinada, de orden superior o una combinación de las dos. (Ausubel, 2002, p. 28)

El aprendizaje sobre la NDC se corresponde particularmente con un proceso de *asimilación conceptual* y no de *formación de conceptos*, ya que este último ocurre «como consecuencia de la experiencia directa por medio de etapas sucesivas de generación, comprobación y generalización de hipótesis» (Ausubel, 2002, p. 153), mientras que la asimilación conceptual es más propia de la etapa adulta, en especial si se trata de conceptos abstractos, como es el caso de los contenidos conceptuales de la NDC. Al respecto, se destaca que en dicho proceso los nuevos conceptos son asimilados haciendo uso de los referentes ya existentes en forma de imágenes o palabras, pero combinados de maneras diversas.

De acuerdo con la teoría ausubeliana, el aprendizaje de conceptos abstractos tiene muy poca posibilidad de aprenderse de manera mecánica o por repetición, ya que necesariamente deben relacionarse «con los sistemas ideativos existentes en la estructura cognoscitiva»; se asimilan por inclusión correlativa, y no por inclusión derivativa como ocurre con los conceptos fácticos (Ausubel et al., 1983, p. 130; Ausubel, 2002, p. 186). Con relación a este último aspecto, Ausubel et al. (1983) señalan lo siguiente:

En la inclusión correlativa, la nueva información Y es vinculada a la idea X, pero es una extensión, modificación o limitación de X. Los atributos de criterio del concepto incluido pueden ser extendidos o modificados con la nueva inclusión correlativa. (Ausubel et al., 1983, p. 71)

El proceso de asimilación por inclusión correlativa implica diferenciación progresiva y reconciliación integradora conceptual en forma interrelacionada. Esto permite que la confusión inicial de los conceptos sea aclarada en la medida que se discriminan de otros (diferenciación progresiva) y se recombinan en una nueva organización de significados (reconciliación integradora).

Además, de acuerdo con Ausubel et al. (1983, p. 176), es importante considerar que, en el caso de algunas temáticas, como la epistemología, el orden de presentación secuencial del material no es lo relevante, ya que por lo general es “inmaterial”. Aquí es importante resaltar la actitud de aprendizaje significativo que debe tener el aprendiz, incluyendo el docente, hacia el aprendizaje de contenidos de NDC. Sin esta predisposición no será posible construir significados conceptuales sobre la NDC con el nivel necesario de complejidad y abstracción. Ausubel (2002, p. 294) señala que la actitud de aprendizaje se refiere a «la disposición del estudiante a aprender de una manera memorista o de una manera significativa».

Asimismo, se debe considerar que las evidencias de aprendizaje significativo planteadas por Ausubel et al. (1983, p.137), a saber, la modificación de la estructura cognitiva, la capacidad para resolver problemas y la retención, no tendrían igual relevancia para evaluar el aprendizaje sobre la NDC. En este sentido, la modificación de la estructura cognitiva pudiera ser la evidencia más recomendable, para lo cual sería necesario precisar indicadores adecuados. Estos indicadores pudieran identificarse a través de la elaboración de mapas de conceptos, permitiendo visualizar la evolución del estudiante con relación a su pensamiento sobre la naturaleza de la ciencia.

Al respecto, Gowin y Álvarez (2005) señalan lo siguiente: «Pensamos con conceptos. El pensamiento cambia en la medida que los conceptos cambian. El pensar con mapas conceptuales debería estimular el pensamiento, no reprimirlo» (p. 16). Por consiguiente, el mapa conceptual se puede considerar una herramienta útil para promover el pensamiento sobre aspectos relacionados con la NDC, partiendo de la consideración de que los conceptos que permiten su comprensión revisten un alto grado de complejidad y abstracción, así como las proposiciones planteadas a partir de ellos.

En este sentido, Ausubel et al. (1983, p. 137) muestran otra manera de evidenciar el aprendizaje significativo, y esto tiene que ver con «... exigirles a los estudiantes que diferencien ideas afines (semejantes), pero no idénticas, o que elijan los elementos que identifican a un concepto o proposición, de una lista que contenga los elementos identificadores de otros conceptos y proposiciones relacionados». Esta sugerencia puede considerarse válida para el caso de conceptos abstractos como los referidos a la NDC.

Esto brinda sustento teórico a la elaboración de un diferencial semántico de proposiciones que permita a los estudiantes seleccionar aquéllas que pertenezcan a una determinada tendencia

epistemológica de acuerdo con su conocimiento al respecto, lo cual permitiría una base de datos para propósitos investigativos. Este tipo de instrumento evaluativo fue elaborado por Flores Espejo (2014) y aplicado para propósito investigativo con resultados discriminantes entre ideas epistemológicas con tendencias tradicionales y contemporáneas. En este sentido, el uso de instrumentos de medición elaborado con estos principios ausubelianos puede ser útil para aproximarse a las ideas o significados que tienen y han desarrollado los estudiantes sobre la NDC, teniendo en cuenta las limitaciones que los mismos puedan tener.

¿Qué aportes brinda la TASC sobre la comprensión de la NDC?

Moreira (2005, p. 17) describe el aprendizaje significativo crítico como: «aquella perspectiva que permite al sujeto formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, estar fuera de ella». Ante todo, es necesario comprender que este tipo de aprendizaje es una perspectiva antropológica, dialéctica y subversiva con relación a la cultura o grupo social en el que el estudiante participa a través de diferentes actividades. En este sentido, el sujeto puede “entrar” y “salir” de dicha realidad cultural, generando así una perspectiva en continua revisión desde la criticidad de ese proceso, permitiéndole así conocer, aprehender e integrarse, al mismo tiempo que debe distanciarse de la misma para retomarla sin quedar apresado, subyugado, en ella. La utilidad de la TASC en la NDC se encuentra inmersa en la siguiente declaración que permite apreciar la complejidad dinámica del proceso de construcción de significados:

Es a través de ese aprendizaje como el estudiante podrá lidiar, de forma constructiva, con el cambio, sin dejarse dominar, manejar la información sin sentirse impotente frente a su gran disponibilidad y velocidad de flujo, beneficiarse y desarrollar la tecnología, sin convertirse en tecnófilo. Por medio de este aprendizaje, podrá trabajar con la incertidumbre, la relatividad, la no causalidad, la probabilidad, la no dicotomización de las diferencias, con la idea de que el conocimiento en construcción (o invención) nuestro, que apenas representamos el mundo y nunca lo captamos directamente. (Moreira, 2005, p. 88)

Abordando la comprensión de la NDC a través de la TAS, este trabajo considera, además, los principios de la TASC, que permite dar respuesta al planteamiento de Acevedo (2009) cuando señala que «los alumnos tienen suficientes oportunidades para reflexionar sobre sus experiencias con un esquema conceptual apropiado para explicitar aspectos de la NdC» (p. 364). En este sentido, la TASC puede contribuir con:

una educación cuyo objetivo fuera un nuevo tipo de persona, con personalidad inquisitiva, flexible, creativa, innovadora, tolerante y liberal que pudiese enfrentar la incertidumbre y la ambigüedad sin perderse, y que construyese significados nuevos y viables para hacer frente a los amenazadores cambios ambientales. (Moreira, 2005, p. 84)

A continuación, en la Tabla 1, se mencionan los principios de la TASC y una descripción de su posibilidad aplicativa en el aprendizaje de la NDC.

Tabla N° 1. Aplicación de los principios del aprendizaje significativo crítico a la NDC

Principios de la TASC	Utilidad general en el aprendizaje	Orientaciones aplicativas en el aprendizaje de la NDC
1. Principio de la interacción social y del cuestionamiento	Aprender/enseñar preguntas en lugar de respuestas	En grupos de estudiantes y a través de preguntas generadoras se puede analizar el contexto social interno y externo de la investigación científica que marcaron hitos históricos para propiciar así el debate de ideas que contribuyan a comprender el dinamismo socio-contextual de los investigadores. Durante la discusión debe incentivarse la formulación de preguntas por los estudiantes, a la vez que el docente debe también orientar la discusión con preguntas interesantes como instrumentos intelectuales que permitan ampliar el tema de discusión o centrar ideas relevantes.
2. Principio de la no centralidad en el libro de texto	Aprender a partir de distintos materiales educativo: Del uso de documentos, artículos y otros materiales educativos.	El estudio de la NDC permite recurrir a diferentes fuentes informativas, por lo que el libro de texto puede ser complementado y superado, lo que es favorable si se entiende particularmente que muchos de ellos son transmisores de ideas ingenuas sobre la ciencia. Se pueden usar casos históricos sobre ciencias, artículos científicos, artículos de prensa, libros famosos con relatos de la ciencia, películas, anécdotas, poesías, entre otros materiales sobre diferentes aspectos de la ciencia que permitan tener acceso a una información más cercana a la real.
3. Principio del aprendiz como perceptor/representador	Aprender que somos perceptores y representadores del mundo	El contenido sobre NDC se debe disponer a los estudiantes en el entendido de que no son simples receptores, sino que son capaces de percibir y representar lo percibido, por lo que es recomendable que escriban lo que entienden, que expliquen sus ideas, que elaboren mapas conceptuales, dibujos, líneas de tiempo o carteleras, realicen obras escénicas de lo que perciben, entre otras actividades. De este modo el docente permite que el estudiante perciba diferentes fuentes de información de una misma realidad y puede tener acceso a las representaciones de los estudiantes para poder orientarlos en una dirección más contemporánea sobre las ideas que desarrollan sobre la NDC.
4. Principio del conocimiento como lenguaje	Aprender que el lenguaje está totalmente involucrado en todos los intentos humanos de percibir la realidad	La discusión de temas relacionados con la NDC permite afianzar este principio cuando el estudiante se expresa a través del lenguaje científico específico. Aprender sobre ciencia implica aprender hablar con su propio lenguaje, lo que es diferente del lenguaje cotidiano. El docente debe orientar al estudiante hacia el uso del lenguaje científico apropiado y no vulgarizarlo para así no tergiversar los significados asociados.

Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review - V11(2), pp.01-23, 2021

5. Principio de la conciencia semántica	Aprender que el significado está en la persona, no en las palabras	Aquí hay que poner atención a la dirección de los significados denotativos (sociales) y connotativos (personales, idiosincrásicos) sobre NDC que desarrolla el aprendiz y a su grado de abstracción, a fin de que se aleje del conocimiento simplista hacia un conocimiento complejo. El docente debe orientar al estudiante hacia el alejamiento de respuestas que conduzcan a simples dicotomías, sin alternativas, que terminan entronizando incuestionablemente el conocimiento; las respuestas deben quedar razonablemente abiertas a nuevos cuestionamientos.
6. Principio del aprendizaje por el error	Aprender que el hombre aprende corrigiendo sus errores	Durante el aprendizaje de contenidos de NDC, el estudiante será expuesto continuamente a errores relacionados con sus ideas sobre la ciencia debido a que la <i>concepción heredada de la ciencia</i> es común en nuestro medio educativo. Sin embargo, el error debe ser superado razonadamente; no debe haber nada escandaloso para el docente al respecto porque esta temática es compleja y rica en ideas que todavía no están ni siquiera esclarecidas entre los epistemólogos.
7. Principio del desaprendizaje	Aprender a desaprender, a no usar los conceptos y las estrategias irrelevantes para la sobrevivencia	Cuando los conocimientos previos de los estudiantes sobre la NDC son conceptos que no ayudan a la construcción del nuevo conocimiento, entonces se deben desaprender. Por ejemplo, muchos estudiantes pueden tener la idea que el método científico es como una receta de cocina, por lo que no es útil para funcionar como subsumidor, y se debe desaprender para poder comprender el valor heurístico de la metodología científica.
8. Principio de la incertidumbre del conocimiento	Aprender que las preguntas son instrumentos de percepción y que las definiciones y las metáforas son instrumentos para pensar	El docente debe tener presente que en ciencia hay conocimientos elaborados que gozan de gran estabilidad en el tiempo, pero no de certidumbre absoluta, por lo que siempre está abierto a ser reconsiderado a la luz de nuevos avances tecnológicos, evidencias experimentales u observacionales y nuevas interpretaciones. Sin embargo, hay conocimientos muy inestables, es decir, que gozan de gran incertidumbre porque están en pleno desarrollo. En general, este principio permite tratar con la idea ingenua de la certeza absoluta del conocimiento científico que generalmente tienen los estudiantes. Es necesario tener presente que el conocimiento científico es una metáfora de la realidad y está sujeta a refinamiento constante, por lo que hoy se puede disponer de un conocimiento altamente valorado y mañana puede estar sujeto a nuevos cuestionamientos.
9. Principio de la no utilización de la	Aprender a partir de diferentes estrategias	En virtud de que los contenidos de la NDC son muy abstractos y complejos para su aprehensión, el uso de la pizarra es

pizarra	de enseñanza	sumamente insuficiente, por lo que no se recomienda limitarse a ella. Es necesario que se utilicen diferentes recursos y estrategias de aprendizaje que promuevan la discusión, la argumentación, las preguntas, la reflexión, entre otras, de modo que la pizarra se puede usar solo como un recurso para proyectar aspectos relevantes de discusión.
---------	--------------	--

Nota. Cuadro elaborado por la autora con información adaptada de «*Aprendizaje significativo crítico*» por M.A. Moreira, 2005.

¿Qué aportes brinda la progresividad conceptual sobre la comprensión de la NDC?

El proceso de aprendizaje significativo sobre la NDC es necesariamente una función del tiempo, por lo que es necesario entender que tiene «un carácter esencialmente progresivo, es decir, el individuo es capaz de relacionar significativamente a su estructura cognitiva materiales potencialmente significativos con un nivel mayor de abstracción en un período dilatado de tiempo» (Caballero, 2008, p. 167). Por lo tanto, no se puede esperar que la estructura cognoscitiva del aprendiz se modifique abruptamente al construir nuevos significados como si fuera un proceso de “cambio conceptual”, de “todo o nada”. Al respecto, Caballero (2003, p. 138) señala que «los procesos cognitivos que influyen en el aprendizaje significativo de conceptos son progresivos y se requiere mucho tiempo hasta que los nuevos conceptos adquieren significados denotativos y connotativos en la estructura cognitiva humana», lo que implica un proceso evolutivo.

En correspondencia con esto, Ausubel (2002) plantea que la progresividad conceptual implica un proceso en el tiempo y que depende de las situaciones a las cuales se enfrenta el estudiante. Este carácter gradual del aprendizaje significativo lo describe en los siguientes términos:

... se parte del supuesto de que el aprendizaje es un proceso acrecentador o gradual (es decir, en esencia, el aumento del aprendizaje y la retención que se produce tras una o más repeticiones de un ensayo de aprendizaje, la plausibilidad aparente, la necesidad de múltiples ensayos de práctica para realizar aprendizajes y retenciones más difíciles durante intervalos más largos, el sobreaprendizaje y la transferencia). (Ausubel, 2002, p. 282)

El rescate que realiza Caballero del constructo aprendizaje significativo como un proceso progresivo ha sido también señalado por Moreira (citado en Caballero, 2003, p. 146). Es oportuno también señalar que los planteamientos de esta autora tienen correspondencia con los de Coll (1988), quien sintetizó esta idea en la siguiente expresión:

... la significatividad del aprendizaje no es una cuestión de todo o nada, sino más bien de grado; en consecuencia, en vez de proponernos que los alumnos realicen aprendizajes significativos, quizás sería más adecuado intentar que los aprendizajes que llevan a cabo sean, en cada momento de la escolaridad, lo más significativos posibles. (Coll, 1988, p. 134)

En general, la progresión del aprendizaje significativo responde a tres razones, las cuales se expresan a continuación (Caballero, 2008): (a) adquisición de un vocabulario nuevo articulable proposicionalmente; (b) enriquecimiento de la estructura cognitiva debido al aumento de relaciones entre proposiciones nuevas y las presentes en la estructura cognitiva; y (c) aumento del grado de abstracción, de modo que hay menos dependencia de apoyos empírico-concretos.

Por lo antes señalado, se puede decir que la progresividad del aprendizaje significativo de conceptos sirve de referencial teórico para interpretar el aprendizaje de contenidos de NDC, especialmente por su naturaleza compleja, abstracta y dialéctica.

CONSIDERACIONES GENERALES

El presente trabajo brinda un abanico informativo y conceptual al docente de ciencias sobre los aspectos más relevantes de la problemática de la naturaleza de la ciencia, su enseñanza y aprendizaje. Se ofrece una alternativa didáctica a través de la teoría del aprendizaje significativo para introducir el aprendizaje de contenidos epistemológicos, apoyada con los aportes de la teoría del aprendizaje significativo crítico y los planteamientos de la progresividad conceptual, en el entendido de que son conceptos abstractos de difícil aprehensión.

Una idea subyacente derivativa de la revisión bibliográfica se puede formular de la siguiente manera: *La comprensión de contenidos conceptuales sobre la NDC en la formación docente favorece un aprendizaje significativo crítico potencialmente útil para abordar problemáticas complejas relacionadas con la estructura, práctica y valor de la ciencia.*

Referencias

- ABD-EL KHALICK, F.; LEDERMAN, N. Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 7, p. 665- 701, 2000.
- ACEVEDO, J.A. El estado actual de la NdC en la didáctica de las ciencias. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v.5, n.2, p.134-169 2008.
- _____. Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la NdC. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, -v. 5, n. 2, p. 355-386, 2009.
- ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; GARCÍA-CARMONA, A. «Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 13, n. 1, p. 3-19, 2016.

- _____. Uso de la historia de la ciencia para comprender aspectos de la naturaleza de la ciencia. Fundamentación de una propuesta basada en la controversia Pasteur versus Liebig sobre la fermentación. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad – CTS*, v. 11, p. 33, p. 203-226, 2016.
- ACEVEDO-DÍAZ, J.A.; GARCÍA-CARMONA, A.; ARAGÓN, M.M. Historia de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: una estrategia para formación inicial del profesorado ciencia. *Educación Química*, v. 28, p. 140-146, 2017.
- ACEVEDO-DÍAZ, J.A.; VÁSQUEZ-ALONSO, A.; MANASSERO-MAS, M.A.; ACEVEDO-ROMERO, P. Consensos sobre la NdC: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 4, n. 1, p. 42-66, 2007a.
- _____. Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 4, n. 2, p. 202-225, 2007b.
- ADÚRIZ-BRAVO, A. ¿Qué NdC hemos de saber los profesores de ciencias? Una cuestión actual de la investigación didáctica. (2007). Recuperado 10 de septiembre de 2016 desde <http://cmappublic.ihmc.us/rid%3D1P1N3358L-743Y59-2G2Y/U1%20AdurizBravo.pdf>
- ADÚRIZ-BRAVO, A.; SALAZAR, I.; MENA, N.; BADILLO, E. La epistemología en la formación del profesorado de ciencias naturales: aportaciones del positivismo lógico. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, v. 1, n. 1, 2006.
- AKERSON, V. L.; ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N.G. Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 37, n. 49, p. 295-317, 2000.
- ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, v. 95, 518-542, 2011.
- AUSUBEL, D.P. **Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva.** España: Editorial Paidós Ibérica, S.A., 2002.
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, L. **Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo.** (2a. ed.). México: Editorial Trillas, 1983.
- BLANCHARD, M.R.; SOUTHERLAND, S.A.; OSBORNE, J.W.; SAMPSON, V.D.; ANNETTA, L.A.; GRANGER, E.M. Is inquiry possible in light of accountability?: a quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, v. 94, n. 4, p. 577-616, 2010.
- CABALLERO, M. C. (2003). La progresividad del aprendizaje significativo de conceptos. *Actas del Pidec*, v. 5, p. 137-154, 1983.

- _____. La progresividad del aprendizaje significativo de conceptos. En RODRÍGUEZ, M.L. (Compiladora). **La teoría del aprendizaje significativo en la perspectiva de la psicología cognitiva**. Barcelona: Octaedro, 2008, p. 162-197.
- CAMPANARIO, J. M. Científicos que cuestionan los paradigmas dominantes: Algunas implicaciones para la enseñanza de las ciencias. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 3, n. 3, 2004.
- COLL, C. Significado y sentido en el aprendizaje escolar. Reflexiones en torno al concepto de aprendizaje significativo. **Infancia y Aprendizaje**, v. 41, p. 131-142, 1988.
- DAHLIN, B.; ØSTERGAARD, E.; HUGO, A. An argument for reversing the bases of science education – a phenomenological alternative to cognitionism. **Nordina**, v. 5, n. 2, p. 185-199, 2009.
- FERNÁNDEZ, I.; GIL, D.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. «Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza». **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 477-488, 2002.
- FLORES ESPEJO, J.L. (2018). Vivencia de aprendizaje sobre significados de naturaleza de la ciencia en un postgrado: mirada fenomenológica. **Revista Gaceta de Pedagogía**. n. 37, p. 191-224, 2018.
- FLORES ESPEJO, J. L. (2014). **Un enfoque epistemológico-constructivista para facilitar el aprendizaje en el laboratorio desde una perspectiva ausubeliana**. Burgos, 2014. 758 f. Tesis (Doctorado en Enseñanza de las Ciencias) –Universidad de Burgos, Burgos, 2014.
- FLORES, J.; CABALLERO, M.C.; MOREIRA, M.A. Ideas epistemológicas sobre la naturaleza de la ciencia de docentes en formación de biología y de química. **Currículum: Revista de Teoría, Investigación y Práctica Educativa**, v. 26, p. 101-133, 2013.
- GARRITZ, G. Las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje. **Educación Química**, v. 21, n. 2, p. 106-110, 2010.
- GOWIN, B.D.; ÁLVAREZ, M.C. **The art of educating with V diagrams**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- HAVDALA, R.; ASHKENAZI, G. Coordination of Theory and Evidence: Effect of Epistemological Theories on Students' Laboratory Practice. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 44, n. 8, p. 1134-1159, 2007. Recuperado el 01 de Agosto de 2010 desde <http://eblog.cersp.com/UploadFiles/2007/12-23/1223517834.pdf>
- HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.
- _____. Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. **Journal of Curriculum Studies**, v. 28, n. 2, p. 115-135, 1996.

- _____. **Towards scientific literacy. A teachers' guide to the history, philosophy and sociology of science.** Toronto: Sense Publishers Rotterdam / Taipei, 2008.
- KHISHFE, R.; ABD-EL-KHALICK, F. Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 7, p. 551-578, 2002.
- KÜÇÜK, M. Improving preservice elementary teachers' views of the nature of science using explicit-reflective teaching in a science, technology and society course. **Australian Journal of Teacher Education**, v. 33, n. 2, p.16-40, 2008.
- LEDERMAN, N.G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.
- _____. The state of science education: subject matter without context. **Electronic Journal of Science Education**, v. 3, n. 2, p. 1-12, 1998. Recuperado el 28 de agosto de 2011 desde <http://wolfweb.unr.edu/homepage/jcannon/ejse/lederman.html>
- _____. Research on nature of science: reflections on the past, anticipations of the future. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, v. 7, n. 1, 2006. Recuperado el 17 de septiembre de 2008 desde http://www.ied.edu.hk/apfslt/v7_issue1/foreword/indexhtm#contents
- LEDERMAN, N.G. (2006). Research on nature of science: reflections on the past, anticipations of the future. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, v. 7, n. 1, 2006. Recuperado el 17 de septiembre de 2008 desde http://www.ied.edu.hk/apfslt/v7_issue1/foreword/indexhtm#contents
- MOREIRA, M.A. **Aprendizaje significativo crítico.** Porto Alegre: Impressos Portão Ltda, 2005.
- MOURA, B.A. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência, Rio de Janeiro**, v.7, n. 1, p. 32-46, 2014.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL **National science education standards.** Washington, D.C: National Academic Press, 1996. Recuperado el 9 de agosto de 2009 desde http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=4962&page=37
- RODRÍGUEZ PALMERO, Ma. L. **La teoría del aprendizaje significativo en la perspectiva de la psicología cognitiva.** Barcelona: Ediciones Octaedro, S.L.2008
- SADLER, T.D.; BURGIN, S.; MCKINNEY, L.; PONJUAN, L. Learning science through research apprenticeships: a critical review of the literature. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 47, n. 3, p. 235-256, 2010.
- SÉRÉ, M. G. Towards renewed research questions from the outcomes of the european project labwork in science education. **Science Education**, v. 86, p. 624-644, 2002a.

- _____. La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 357-368, 2002b.
- SCHWARTZ, R.E.; LEDERMAN, N. G.; CRAWFORD, B, A. Developing views of nature of science in an authentic context: an explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. **Science Education**, p. 88, p. 610-645, 2004.
- VHURUMUKU, E.; HOLTMAN, L.; MIKALSEN, O.; KOLSTO, S.D. An investigation of Zimbabwe high school chemistry students' laboratory work-based images of the nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 43, n. 2, p. 127-149, 2006.
- WANDERSEE, J.H.; ROACH, L.M. Reform and innovation in science teaching: A human constructivist view. En J. J. Mintzes, J. H. Wandersee y J.D. Novak (Eds.), **Teaching science for understanding: a human constructivist view**. San Diego, California: Elsevier Academic Press, 2005, p. 281-306.
- WOOLGAR, S. **Ciencia: abriendo la caja negra**. Barcelona: Anthropos, Editorial del Hombre, 1991. Recuperado el 2 de agosto de 2010 desde http://books.google.es/books?id=AGtKisDZ7FAC&pg=PA30&lpg=PA30&dq=ciencia+amateur,+acad%C3%A9mica+y+profesional&source=bl&ots=UCtYvzc7kp&sig=-nSf78FQmFQWBArroywY8RP7LaQ&hl=es&ei=gXNhTNL-BIGClAeNodmXCw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CBUQ6AEwAA#
- YACOUBIAN, H. A.; BOUJAOUDE, S. The effect of reflective discussions following inquiry-based laboratory activities on students' views of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 47, n. 10, p. 1229-1252, 2010.